
Вісник національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»

от определения годовой номенклатуры деталей к оперативнокалендарному планированию, к определению оптимальной очередности обработки деталей в группе.

Предложенный метод нечеткого итерационного группирования применяется на любой стадии, как проектирования, так и производства деталей на гибких участках. Метод позволяет проводить группирование в условиях неполноты исходных данных итерационно по мере накопления информации об объектах. Он дает возможность варьировать критерии группирования путем корректировки весовых коэффициентов признаков. Нечеткость группирования позволяет обеспечить возможность мобильного корректирования полученных групп в зависимости от ситуативных факторов и требований производства.

Список литературы

1. Митрофанов С.П. Групповая технология машиностроительного производства в 2 т. – 3-е изд. – Л.:Машиностроение. – Ленинград отд-ние, 1983. т1.-407с.
2. Технологическая подготовка гибких производственных систем /С.П.Митрофанов,
3. Д.Д.Куликов, О.Н.Миляев и др.: Под общ. Ред. С.П.Митрофанова. Л.:Машиностроение. Ленинград. Отд., 1987 -235с.

УДК 621.91.02

В.И.Солодкий доц., А.П.Долгов студ

НТУ Украины "Киевский политехнический институт" г.Киев, Украина

РОТАЦИОННО ДЕФОРМИРУЮЩАЯ ОБРАБОТКА СТАЛЬНЫХ ВАЛОВ

Виконано порівняльний аналіз методів зміцнення поверхневого шару сталевих деталей із застосуванням механічного деформування при обкатці валів сталевими роликми. Експериментально підтверджено вплив втомлюючих процесів на розтріскування поверхні деталей.

The comparative analysis of different methods of solidifying of a surface stratum of steel detailses with application of mechanical deformation is carried out at a rolling of shaft by steel rollers. Influence of processes of a fatigue to creation of a friable surface of detailses experimentally is confirmed.

В данный момент на предприятиях, занимающихся производством барабанов для сборки автопокрышек, существует технологическая проблема недостаточной твердости и износостойкости несущего вал монтажного барабана, который воспринимает значительные нагрузки, а также подвергается активному абразивному износу. Следует отметить, что наряду с абразивным износом рабочая поверхность барабана подвергается значительным механическим деформациям. Поэтому задача упрочнения поверхностного слоя вала является актуальной.

Цели и задачи исследования

Целью исследования является проведение анализа методов повышения прочности и износостойкости деталей машин обкатыванием роликом, а так же определение влияния режимов обработки на характеристики упрочнения поверхностного слоя

детали. Определить влияние технологически жидкостей на характер упрочнения поверхностного слоя и ее влияние на шероховатость полученной поверхности.

Анализ методов упрочнения поверхностных слоев

Повышение сопротивления детали разрушению при различных видах эксплуатации может быть достигнуто несколькими технологическими методами: поверхностного (пленочного) и объемного (толщиной в несколько долей миллиметра) упрочнения.

Поверхностное упрочнение деталей достигается путем осаждения на нее поверхности материалов, которые по своим свойствам отличаются от основного металла, но наиболее полно отвечают условиям эксплуатации (износ, коррозия, химическое воздействие и т.п.).

Среди поверхностных методов упрочнения наиболее распространены следующие:

а) осаждение химической реакции - оксидирование, сульфидирование, фосфатирование, нанесение упрочняющего смазочного материала, осаждение из газовой фазы;

б) осаждение из паров - термическое испарение тугоплавких соединений, катодно-ионная бомбардировка, прямое электронно-лучевое испарение, реактивное электронно-лучевое испарение, электронно-химическое испарение;

в) электролитическое осаждение - хромирование, никелирование, электрофорез, никельфосфатирование, борирование, борохромирование, хромофосфатирование;

г) напыление износостойких соединений - плазменное напыление порошковых материалов, детонационное напыление, электродуговое напыление, лазерное напыление, вихревое напыление, индукционное припекание порошковых материалов.

Общим недостатком рассмотренных выше методов поверхностного упрочнения является сложность технологического процесса и незначительная толщина упрочненного слоя.

При модификации поверхностных слоев диффузионным нанесением легирующих элементов с изменением химического состава поверхностного слоя металла возможны два метода. Первый - диффузионное насыщение борирование, цианирование, азотирование, нитроцементация и т.п. приповерхностных слоев. И второй - химическое и физико-химическое воздействие химическая обработка, ионная имплантация, электроискровая обработка и т.д. Способ диффузного нанесения легирующих элементов дает более стойкие результаты, чем способ осаждения пленок, однако в заводских условиях его применение связано с большими трудностями.

Упрочнение с изменением структуры поверхностного слоя значительной толщины, может осуществляться механическим деформированием поверхностного слоя детали с использованием относительно простого универсального оборудования в сочетании со специальным инструментом - упрочнение вибрацией, фрикционно-упрочняющая обработка, дробеструйная, обработка взрывом, термомеханическая, электромеханическая.

Поэтому, было принято решение использовать метод поверхностного пластического деформирования. Этот метод является одним из наиболее

результативных и не требует больших материальных затрат на специальное дополнительное оборудование. Также данный метод является универсальным и может быть использован для упрочнения поверхностного слоя различных типов деталей.

Существует несколько методов поверхностно пластического деформирования основанных на обработке деталей давлением без снятия стружки. При этом пластически деформируется только поверхностный слой детали. Поверхностно пластическое деформирование осуществляется инструментом, деформирующие элементы которого (шарики, ролики или тела иной конфигурации) взаимодействуют с обрабатываемой поверхностью по схемам качения, скольжения или внедрения.

При схеме качения деформирующий элемент (как правило, ролик или шарик) прижимается к поверхности детали с фиксированным усилием и перемещается относительно нее, совершая при этом вращение вокруг своей оси. В зоне локального контакта деформирующего элемента с обрабатываемой поверхностью возникает очаг пластической деформации, который перемещается вместе с инструментом, благодаря чему поверхностный слой последовательно деформируется на некоторую глубину.

Характерным признаком методов поверхностно пластического деформирования является стабильность формы и размеров очага деформации в стационарной фазе процесса. Достоинством накатывания является снижение сил трения между инструментом и обрабатываемым материалом.

Наряду с этими методами в машиностроении существует большое число методов поверхностно пластического деформирования, основанных на динамическом (ударном) воздействии инструмента на поверхность детали. В этих процессах инструмент внедряется в поверхностный слой детали перпендикулярно профилю поверхности или под некоторым углом к ней. Многочисленные удары, наносимые инструментом по детали по заданной программе или хаотично, оставляют на ней большое число локальных пластических отпечатков, которые в результате покрывают (с перекрытием или без него) всю поверхность детали. Размеры очага деформации зависят от материала детали, размеров и формы инструмента и от энергии удара по поверхности.

К методам ударного поверхностно пластического деформирования относятся чеканка, обработка дробью, виброударная, ультразвуковая, центробежно-ударная обработка и др. Эти методы обеспечивают достаточно стабильное упрочнение поверхностных слоев детали, однако не позволяют получить поверхность малой шероховатости, что не приемлемо в производстве форм резинотехнического оборудования.

В целом поверхностное пластическое деформирование повышает плотность дислокаций в упрочненном слое и измельчает исходную структуру, что способствует общему повышению прочности детали. Уменьшение шероховатости с одновременным повышением твердость поверхности так же улучшает износостойкость детали. Таким образом, на основании проведения литературного анализа в качестве способа повышения эксплуатационных свойств несущего вала монтажного барабана автопокрышек был принят способ поверхностного пластического деформирования обкатывание стальным роликом.

Теоретические основы пластического деформирования

Упрочненный слой - это слой, параметры состояния которого отличаются от параметров основного материала. Однако граница раздела упрочненного и основного материала сильно размыта из-за того, что контролируемый параметр изменяется вблизи этой границы с весьма малым градиентом. Поэтому толщина упрочненного слоя определяется всегда с погрешностью, величина которой зависит от метода измерения и присущих ему погрешностей. В связи с этим понятие толщины упрочненного слоя является достаточно условным, а числовые значения, приведенные в различных источниках, могут отличаться на десятки процентов [1, 2, 3, 8].

Поликристаллические твердые тела состоят из большого числа зерен (кристаллов), разделенных между собой границами. Каждое зерно содержит дефекты. Зерна имеют различную ориентировку. При приложении внешнего напряжения к металлу пластическая деформация в первую очередь произойдет в зерне, наиболее благоприятно ориентированном к внешнему напряжению (т.е. с наибольшим касательным напряжением). С ростом внешнего напряжения наблюдается постепенное вовлечение остальных зерен в процессе пластической деформации при сохранении сплошности зерна [5]. Под действием внешнего сдвигающего напряжения дислокации, генерируемые активным источником, приходят к границе зерна и задерживаются около нее. По мере накопления дислокаций растет напряжение. Однако этого недостаточно, чтобы перейти из одного зерна в другое. Поэтому распространение скольжения от одного зерна к другому осуществляется за счет того, что при достижении определенного значения напряжения возбуждается источник дислокации в соседнем зерне.

Если дислокация надежно задерживается границей и возможности эстафетной передачи деформации ограничены, то деформация локализуется в микрообъемах, а напряжение текучести возрастает.

Существенная локализация деформаций повышает концентрацию напряжений, что приводит к преждевременному разрушению, т.е. снижению пластичности.

Наряду с величиной зерна на деформационное упрочнение металлов большое влияние оказывает количество и размер внутризеренных блоков (ячеек). С повышением степени деформации и роста плотности дислокаций происходит дробление зерна на блоки по плоскостям скопления дислокаций [4, 6].

Наряду с дроблением зерна на блоки происходит, разориентация блоков по границам на некоторый угол граница блоков оказывает сопротивление движению дислокаций.

В результате пластического деформирования обрабатываемой поверхности происходит сглаживание исходных неровностей и образование нового микрорельефа поверхности [7]. Размер детали уменьшается на величину остаточной деформации. На величину и форму образующихся неровностей влияет также неоднородность шероховатости поверхности и твердости обрабатываемой поверхности, колебания силы при механическом воздействии, вызванные биением детали.

Качество поверхности обработанных выглаживанием деталей в значительной степени зависит от характера взаимодействия материала детали и инструмента в зоне

контакта. Увеличение коэффициента трения ведет к интенсивному изнашиванию инструмента и снижению качества обрабатываемой поверхности.

Совокупность рассмотренных процессов и приводит к упрочнению поверхностного слоя металла после механического деформирования.

Методика и эксперимент

Экспериментальные исследования проводились на токарном станке при ротационной обкатке обрабатываемого вала стальным роликом. В качестве деформирующего ролика использовались наружные кольца подшипника тяжелой серии типа 32000 с допускаемой радиальной нагрузкой 35000 кг. Ширина рабочей части ролика составляла 7 мм во всех сериях эксперимента. Ее форма цилиндрическая с фаской по боковым сторонам под углом 20°.

Усилие деформирования создавалось подачей поперечного суппорта станка и контролировалось динамометром пружинного типа в диапазоне 50...300 кг. Продольная подача обкатного ролика изменялась в пределах от 0,05 до 0,4 мм/об. Скорость обкатывания изменялась в пределах 30...100 м/мин. В качестве смазывающей среды использовалось индустриальное масло И-8.

Величина микро твердости измерялась на микротвердомере ПМТ-3. На внешней стороне круглом образце делали косой шлиф, на котором выполняли измерения под углом к поверхности образца. Это позволило выполнить измерения с шагом 0,03 мм по нормали к наружной поверхности образца.

При микротвердости исходной поверхности детали 2...2,5 ГПа микротвердость упрочненного слоя колеблется в пределах 3...5,5 ГПа в зависимости от режимов обработки.

Общий вид распределения микро твердости по глубине образца носит волнообразный характер. Непосредственно приповерхностный слой толщиной от 0,01 до 0,03 мм имеет значительный разброс величины микротвердости, что можно объяснить усталостными процессами, в результате, которого возникает шелушение тонких слоев лежащих непосредственно на поверхности. В ряде случаев микротвердость этого слоя оказалась ниже микротвердости исходного материала образца. При внешнем осмотре с увеличением 15 крат на поверхности образца ясно различимы отдельные чешуйки отслоенного металла.

Слой, расположенный на глубине от 0,03 до 0,07 мм имеет наибольшую твердость, достигая 5...5,5 ГПа в зависимости от режимов обработки. Общая микротвердость этого слоя мало изменяется по глубине. Далее идет плавное уменьшение твердости на глубину до 0,1...0,2 мм в зависимости от режимов обработки.

В тоже время необходимо отметить, что во всех случаях непосредственно за слоем повышенной микро твердости, лежит слой пониженной твердости, толщина которого равна в среднем 0,03 мм. Очевидно, этот слой является пограничным между слоем, в котором произошли пластические деформации и слоем, который претерпел только упругие деформации. Микротвердость этого слоя на 5...7% ниже, чем основной материал образца.

Следует отметить, что при уменьшении величины продольной подачи до 0,05 мм и одновременном увеличении скорости обкатки до 250 м/мин упрочняющий эффект сменяется разрыхлением поверхностного слоя детали. Это можно объяснить тем, что при малой подаче и относительно широкой рабочей частью ролика происходит многократное деформирование одних и тех же участков поверхности. В результате этого начинают превалировать усталостные процессы.

Обобщая полученные результаты можно утверждать, что ротационное обкатывание валов стальным роликом, повышает микротвердость поверхностного слоя детали в 1,5...2 раза на глубину 0,07...0,15 мм в зависимости от усилия, с которым ролик прижимается к поверхности детали. Режимы обработки, обеспечивающие получение стабильно повторяющихся результатов такие: скорость обкатки 40...50 м/мин, продольная подача 0,15...0,2 мм/об. При увеличении подачи более 0,3 мм/об поверхностный слой имеет неравномерность твердости вдоль оси детали, а при подаче 0,05 мм/об наблюдается значительное шелушение.

Выводы

Полученные результаты позволяют утверждать о целесообразности применения ротационной деформирующей обкатки валов стальными калеными роликами.

В тоже время необходимо отметить, что на качество поверхностного слоя значительное влияние оказывает не только усилие прижима ролика, но и продолжительность его воздействия. При малых значениях подач порядка 0,05 мм/об в месте упрочнения материала происходит его расслоение, что можно объяснить усталостными процессами, которые возникают при многократном деформировании тонкого слоя поверхности детали.

Дальнейшим направлением исследования может быть изучение влияния формы рабочей поверхности ролика (сферическая, коническая) на механические характеристики процесса деформирующего обкатывания.

Список литературы

1. Абдеев М. Ф. Экспериментальные методы исследования контактных деформаций. – Тула. Тульский политехнический институт. 2004. – 144 с.
2. Абрашкин П.С. Поверхностное упрочнение деформированием. М.: Машиностроение, 2001. – 204 с.
3. Аммират Р. Ю. Ротационная обработка стальных деталей. – Казань. Казанский технологический институт. 2003. – 108 с.
4. Груднев А.П. Внешнее трение при прокатке. – М.: Металлургия, 1973. – 288 с.
5. Гулкин С.И. Пластическая деформация металлов: в 3-х т. - М.: Металлургиздат, 1960. – Т. 1. 376 с.; Т. 2. 461 с.; Т. 1. 306 с.
6. Пластичность и разрушение / В. Л. Колмогоров, А. А. Богатов, В. А. Мигачев и др.; Под ред. В. Л. Колмогорова. - М.: Металлургия, 1977. – 336 с.
7. Смирнов-Аляев Г. А. Сопротивление металлов пластическому деформированию. – 3-е изд. перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1972. – 204 с.
8. Тарновский П.Я., Леванов А.Н., Поксваткин М.И. Контактные напряжения при пластической деформации. - М.: Металлургия, 1999. – 279 с.